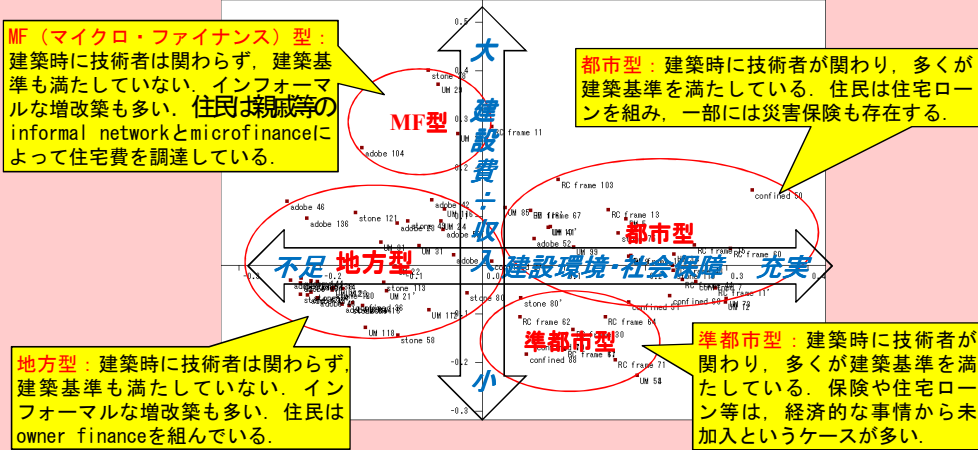


はじめに

世界的な視点から地震被害の軽減をはかるには、ノンエンジニアードの組積造住宅の耐震補強が肝要であるが、主として経済的な問題がこれを阻んでいる。この問題を解決するために、目黒研究室では、ポリプロピレン製の梱包用の紐を用いた組積造の簡易耐震工法（PP-band工法）の開発を行っている。PP-band工法とは、メッシュ状に組んだPP-bandで組積壁を包むことで耐震性を向上させる工法であり、安価（一軒あたりの材料費が30US\$程度）で容易という強みを持つ。さらに目黒研究室では、この工法を広く普及させる社会制度として、これまでに「政府を出資機関とする2段階インセンティブシステム」や「保険会社を出資機関とする促進モデル」などを提案し、これらの被害及び経費の軽減効果を示してきた。本研究では、これらの先行研究と組積造住宅が利用されている地域の特性分析を踏まえ、新しい複数の耐震補強推進モデルを提案し、その効果を検証する。

組積造住宅の分析



住民の経済事情と建設事情に焦点を当てて、組積造住宅に関する83事例*を多変量解析

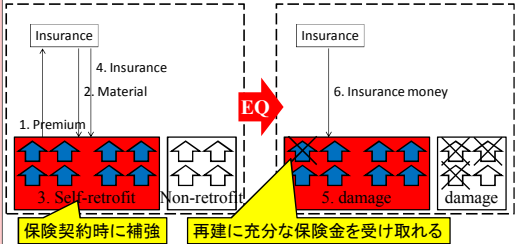
*World Housing Encyclopedia, EERI and IAEE, 2009

分析結果を基に、PP-band工法による4種類の耐震補強推進モデルを提案

耐震補強推進モデルの提案

① Micro Insurance Model (都市型)

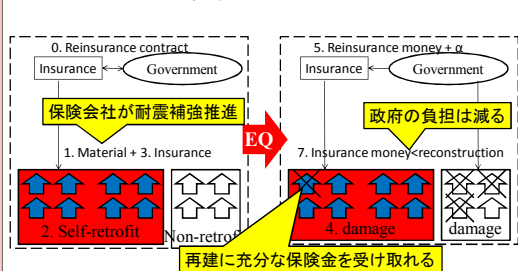
一 保険契約時に耐震補強を実施し、プレミアムには保険金と補強費を含める。



主なメリット
・建物費用相当額の保険
・低プレミアム

③ Government Reinsurance Model (地方型)

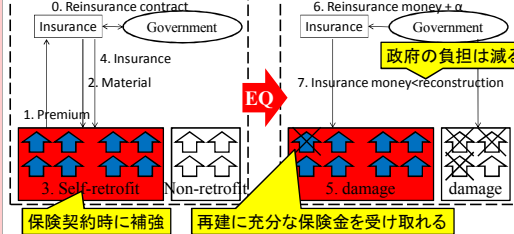
一 保険会社が保険料と補強費を先行負担し、保険会社は政府再保険契約を結び、被災時に回収する。



主なメリット
・想定地震被害の大きい地域から補強が進む。
・政府が事前に巨額の資金を用意する必要がない
・私有財産(住宅)に対する助成差別化の問題がなくなる
・住民は保険料負担無し

② Government + Insurance Model (準都市型)

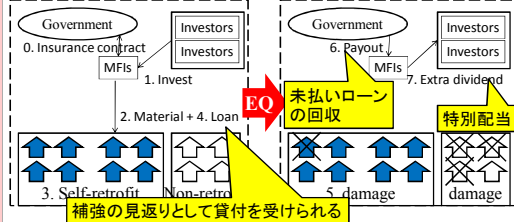
一 ①のプレミアムに、補強費を含めない場合。



主なメリット
・建物費用相当額の保険
・①Micro Insuranceよりもさらに低いプレミアム

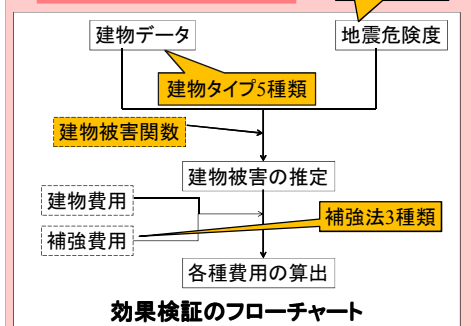
④ Micro Credit Model (MF型)

一 投資家から集めた資金をもとに耐震補強を実施する見返りとして、住民はマイクロファイナンス機関 (MFIs) から Micro Credit の貸付を受ける一方、MFIs は地震被害発生時に貸付金の焦げ付き防止のための資金を政府から回収すると同時に、投資家へのリターンを行う。



主なメリット
・MFIs (Micro Finance Institutes) の資金調達
・MFIs が未払いローンを回収し、焦げ付きが防止できる
・投資家に対する特別配当及び明確な社会貢献のリターンが可能になる

効果の検証方法



25種類の地震危険度

PGV [cm/s]	50年超過確率(再現期間)				
	2% (2745年)	5% (975年)	10% (475年)	39% (100年)	63% (50年)
8.1					
16			Kashmir		
31			Java		
60		柏崎	東京		
116				静岡	

5種類の建物タイプ

- ① adobe and/or mud (日干し煉瓦と泥)
- ② brick and/or stone (焼煉瓦と石)
- ③ brick 1-2F (1・2階建て焼煉瓦)
- ④ brick 3F (3階建て焼煉瓦)
- ⑤ concrete block (コンクリートブロック)

3種類の補強法

- ① 住民自ら補強工事を行う場合 (self-retrofit)
- ② 現地の技術者が補強工事を行う場合 (engineer)
- ③ PP-band工工事ライセンス取得済み熟練技術者が工事を行う場合 (license) (雇用費2倍)

建物被害関数(フラジリティカーブ)

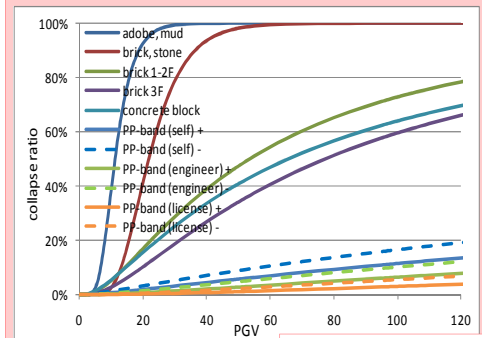
倒壊被害の建物被害関数

$$V_R(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^s e^{-\frac{(s'-\mu)^2}{2\sigma^2}} ds'$$

あるエリアで倒壊被害を受ける建物の割合と震度の関係。3種類の補強法を行ったケースではそれぞれ、安全側(+)と危険側(-)を考慮している。

**安全側: ある強さの地震動に対して、より倒壊しにくいと見積もる。建物の耐震性能を高く評価している。

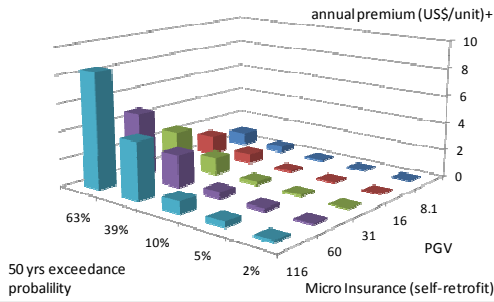
**危険側: ある強さの地震動に対して、より倒壊しやすいと見積もる。建物の耐震性能を厳しく評価している。



各モデルにおける検証

ここでは、adobe and/or mud (日干し煉瓦と泥でつくられた建物)について、25種類の地震危険度別に各モデルにおいて、住民自ら補強工事を行う場合 (self-retrofit) の効果を検証した結果を示す。なお、self-retrofit でつくられた建物の補強法評価のうち、今回は安全側 (+) のフラジリティカーブを使用している (フラジリティカーブのような確率評価では、確率の幅が発生する。今回のケースの安全側とは、建物の耐震性能を高く評価し、より倒壊しにくいと見積もったものである)。その他のケースについても同様の検証を行っている。

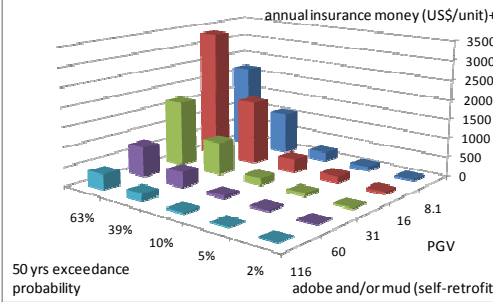
① Micro Insurance Model (都市型)



住民が負担する年間プレミアム

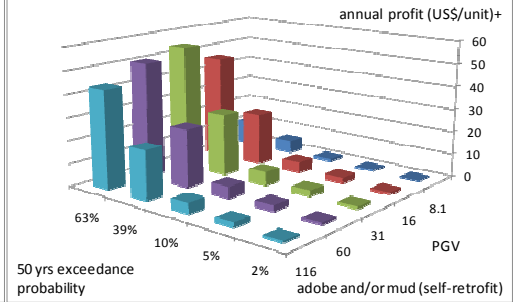
結果
Micro Insurance Modelでは、住民が負担する年間プレミアムが10US\$以下で済むことが確認できた。

③ Government Reinsurance Model (地方型)



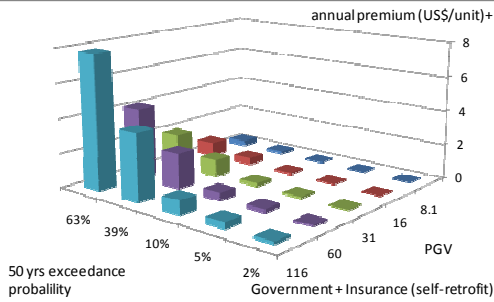
被災者が受け取れる保険金の年間期待値

結果
Government Reinsurance Modelでは、被災者は建物再建に十分な保険金を受け取ることが可能である。また、住民に対して建物建設費相当の保険金契約を結んだとしても、保険会社は政府再保険金による利益を見込めることが確認できた。



保険会社の利益の年間期待値

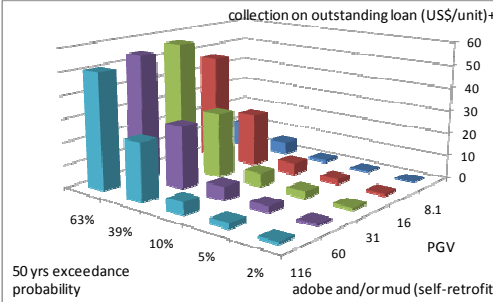
② Government + Insurance Model (準都市型)



住民が負担する年間プレミアム

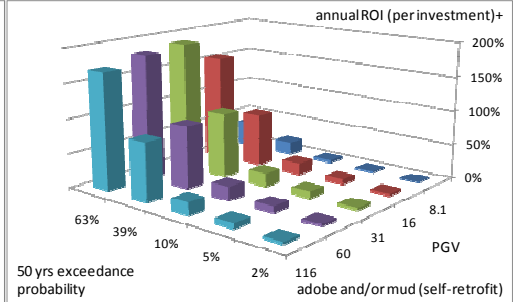
結果
Government + Insurance Modelにおいても、住民が負担する年間プレミアムが10US\$以下で済むことが確認できた。

④ Micro Credit Model (MF型)



MFIsが回収できる未払いローンの年間期待値

結果
Micro Credit Modelでは、回収可能な未払いローンの年間期待値が正の値となるため、利益を見込めることがわかる。また、投資家に対しても充分なりターンが可能なが確認できた。



投資家への投資収益率

結論

- PP-band工法による組積造住宅の耐震補強推進の方法として、4つのモデルを提案した。
- 各々のモデルについて、ステークホルダーに対する経済的効果を、地震危険度25種類及び住宅の構造タイプ5種類について検証した。
- PP-band工法の補強法については、①住民が自ら補強工事を行う場合 (self-retrofit)、②現地の技術者を雇って補強工事を行う場合 (engineer)、③PP-band工法をライセンス化し、ライセンスを取得済みの技術者に対する雇用費を2倍とし補強工事を行う場合 (license) の3パターンについて検証した。補強精度は③>②>①となる。
- ①のパターンでは、ほぼすべての地震危険度、構造タイプについて、提案したモデルがすべてのステークホルダーに対して十分な効果があることが判明した。
- ②、③のパターンでは、地震危険度及び構造タイプの条件次第で、各々のモデルについてステークホルダーに対する経済的効果はばらついた。すべてのモデルについて共通して言えることは、地震危険度の高いエリアでは効果が大きい、地震危険度の低いエリアでは初期コストが相対的に高くなり、経済的効果はマイナスとなった。
- 以上より、本研究の成果は、PP-band工法による耐震補強推進の方法の提案及び、推進時の経済的な指標を提示したことである。

今後の課題

本研究では、組積造住宅について主に経済的な観点から分析を行い、提案したモデルについて経済的な評価軸による検証を行った。今後は、経済的な評価軸に加え、社会的な評価軸による検証も行っていく予定である。